

## 超高度色性メタルハライドランプの研究

長野 敏<sup>\*</sup> 石神敏彦<sup>△</sup> 東 忠利<sup>△</sup>佐々木 博基<sup>△</sup> 新谷 崇郎<sup>△</sup>

## Metal Halide Lamp with Ultrahigh Color Rendering Property

Satoshi NAGANO<sup>\*</sup>, Toshihiko ISHIGAMI<sup>△</sup>, Tadatoshi HIGASHI<sup>△</sup>,Hiroki SASAKI<sup>△</sup> and Takao SHINTANI<sup>△</sup>

A metal halide lamp with ultrahigh color rendering property has been developed. With fillings of  $\text{SnBr}_2\text{-LiI}$  combination, the radiations emitted at 625 nm and 627 nm from molecular  $\text{CaBr}_2$  compensates for the lack of the red zone spectrum in  $\text{SnBr}_2$  lamp and makes it possible for the chromaticity coordinates of the new lamp to lie almost on the Planckian locus. The lamp has the general color rendering index ( $R_a$ ) of over 99, all special color rendering index ( $R_i$ ) of over 98, proper color temperature of 4,000 to 5,000 K and comparatively high luminous efficiency of about 60 lm/W.

Key words: Discharge lamps, Mercury lamps, Halides, Inorganic compounds, Spectral energy distribution, Chromaticity coordinates, Color temperature, Luminous efficacy

## (1) ま え が き

高圧放電灯は白熱電球、日光灯に次いで第三の光源の地位を占めるが、なかでも高圧放電ランプは一般照明光源として広く普及している。近年その効果、光色、演色性を改善するため、ハロゲン化金属を加えたメタルハライドランプが開発され、その優れた特性はさらに技術開発によってより改善されている。

メタルハライドランプの特性を生かした光源分野はかなり広いが、一般的には高演色性と高演色性を共に満足させることは難しいので、照明光源としては新調され、(1) 高効率に重点をおいたもの

(2) 高演色性を目的とするものに分類される。

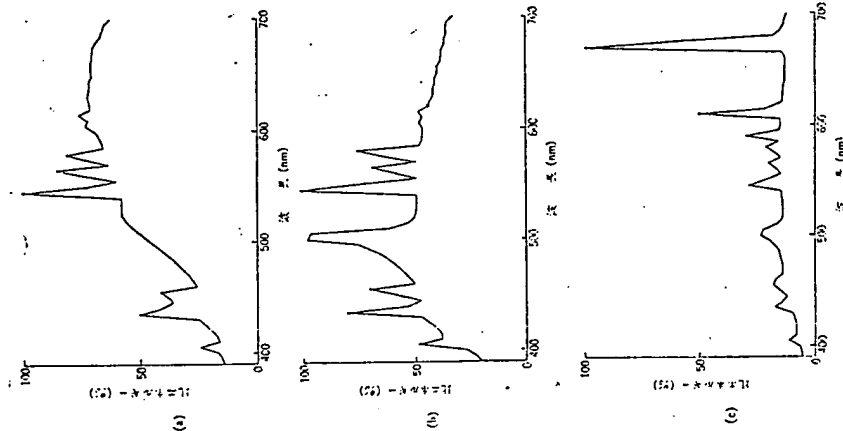
この論文は(2)の高演色性の改善に関する研究で、スズおよびカルシウムのハロゲン化合物を組み合わせて注入することによって、可視波長帯域におおむね発光するスズハロゲン分子系スペクトルと赤色領域に強く発光するカルシウムハロゲン分子系スペクトルを、長波長帯域より、白熱電球(平均演色性指数  $R_a \approx 100$ ) の演色性値を得ることができた超高度色性メタルハライドランプについて述べる。

## (2) 従来のスズハライドランプ

スズハライドの分子発光による放電型エレクトロルミネッセンスランプが用いられることは当座における研究で明らかである<sup>(1)</sup>。その演色性スペクトル成分は、 $\text{Sn(X=Cl, Br, I)}$  という二原子分子の電子遷移によるブロードバンド(broadening)によるものとされているが、さらに同時に生ずる  $\text{Hg-X}$  の放電が重要なもので、増加するハライドの種類により特性が変化する。

すでに1960年発表された「日産ランプ」<sup>(2)</sup>は、 $\text{SnBr}_2\text{-SnI}_2$ 、また両者の混合物を注入したもの、高演色性メタルハライドランプとして実用化されたものである<sup>(3)</sup>。このランプの典型的なスペクトルは、図1(a)、および(b)に示す<sup>(4)</sup>。その演色性値は図1(a)、bである(この論文ではカルシウムハロゲン成分は5 mm 間隔で測定しており、演色性値は JIS Z 8726(1967)の定めるところによ

(1) 日産電機工業株式会社、Toshiba Research and Development Center



(a)  $\text{SnBr}_2$  ランプの分光分布 (b)  $\text{SnBr}_2\text{-SnI}_2$  ランプの分光分布  
(c)  $\text{SnBr}_2\text{-LiI}$  ランプの分光分布

図1. 各種スズハライドランプの分光分布  
Spectral distribution of Sn-halide lamps

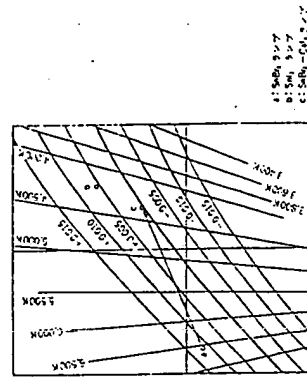


図2. スズハライドランプの CIE 色度図 (2°視野)  
Chromaticity coordinates of Sn-halide lamps in CIE chromaticity diagram (Field of vision: 2°)

示すが、 $\text{SnBr}_2$  注入ランプで赤色の発光を補うことにより、その色温度は黒体放射に近づけば、適切な色温度とさらに高い平均演色性値が得られるものと思われる。

このような観点から、 $\text{SnBr}_2$  注入ランプに  $\text{LiI}$  を添加すれば、ある程度演色性は改善できることが分かった。そのスペクトル分布を図1(c)に、演色性値を表1に示した。ここで、 $R_a$  は95まで上がり、 $R_i$  も80程度になって色温度4,400 Kが得られる。しかしこの方法による改善はこれに限られており、これ以上は困難である。

(3) 分子発光  $\text{Ca-X}$  の利用

赤色領域の発光を補うものとして、 $\text{Ca}$  のように原子発光するもののほかに、分子発光によるものが考えられる。二原子分子  $\text{Ca-X}$  は赤色領域に発光することが知られている。異なった分子系ハロゲン分子  $\text{Hg-X}$ ,  $\text{Sn-X}$  などが存在することが計算され、発光時には二原子分子  $\text{Hg-X}$ ,  $\text{Sn-X}$  が励起されている。また、 $\text{Sn-X}+\text{Ca-X}$  ランプでも  $\text{Ca-X}$  が励起し、放電管内で分解のすえ結合して  $\text{Ca-X}$  を生成しそれが発光することが期待されるが、そうならば赤色領域の発光を補うことも考えられる。このような考察から、 $\text{Sn-X}$ ,  $\text{Ca-X}$  ( $\text{X=Cl, Br, I}$ ) の種々の組合せを試みることにした。

(この実験の一例を図2に示す。(a)は  $\text{SnCl}_2+\text{CaCl}_2$  (b)は  $\text{SnI}_2+\text{CaI}_2$  (c)は  $\text{SnBr}_2+\text{CaBr}_2$  の注入ランプであるが、その赤色領域の強度に注目すると、(a)では612 nmに  $\text{Ca}$ , 619 nmに  $\text{CaCl}$  が発光し、全体のスペクトルは  $\text{SnCl}_2$  の特徴をもつ。(b)では612 nmに  $\text{Ca}$ , 625 nmに  $\text{CaBr}$  が発光し、(c)では  $\text{Ca}$ ,  $\text{CaCl}$ ,  $\text{CaBr}$  が発光した。

$\text{Sn-X}_2$  は比較的高い蒸気圧をもつので、完全蒸発して発光管内にその生成した物質 ( $\text{Sn-X}$ ) を多く供給する。 $\text{Ca-X}_2$  は表1に示すように蒸気圧が低く、その分は  $\text{CaI}$ ,  $\text{CaBr}$ ,  $\text{CaCl}$  の順に小さくなる。したがって、これから、全体

表1. 二原子分子  $\text{Ca-X}$  のエネルギー状態、波長、発光効率  
Energy level, transition and absorption, emission wavelength of diatomic molecule  $\text{Ca-X}$

$\text{Ca-X}$	エネルギー状態	波長 (nm)	発光効率 (lm/W)
$\text{CaCl}$	$4s^2 \rightarrow 4s4p$	850	20.7
	$4s^2 \rightarrow 4s4d$	844	20.7
	$4s^2 \rightarrow 4p^2$	844	20.7
	$4s^2 \rightarrow 4p^2$	844	20.7
$\text{CaBr}$	$4s^2 \rightarrow 4s4p$	850	20.7
	$4s^2 \rightarrow 4s4d$	844	20.7
	$4s^2 \rightarrow 4p^2$	844	20.7
	$4s^2 \rightarrow 4p^2$	844	20.7
$\text{CaI}$	$4s^2 \rightarrow 4s4p$	850	20.7
	$4s^2 \rightarrow 4s4d$	844	20.7
	$4s^2 \rightarrow 4p^2$	844	20.7
	$4s^2 \rightarrow 4p^2$	844	20.7

(注) 単位は  $10^{-10}$  W/m<sup>2</sup> nm<sup>2</sup> である。

表2. カルシウムハライドの蒸気圧  
Vapor pressure of calcium halide

$\text{Ca-X}$	蒸気圧 (mmHg) (27°C)
$\text{CaCl}_2$	1.30
$\text{CaBr}_2$	1.30
$\text{CaI}_2$	900

